Transports Canada Transport Canada

TP 10400F

POIDS LOURDS ET CARBURANTS : tendances et prospective

Communication

25e congrès annuel

Association québécoise du transport et des routes

Avril 1990

CA1
DTC800-
90
P54

41.D

GROUPE DES POLITIQUES ET DE LA COORDINATION

Centre de développement des transports

POLICY AND COORDINATION GROUP

Transportation Development Centre

CA1
DTC800-
90
P54

438239

90-07192/

nm

41.D

TP 10400F

POIDS LOURDS ET CARBURANTS : tendances et prospective

par

Sesto Vespa
Centre de développement des transports

et

R.F. Webb
R.F. Webb Corporation

Library and Information Centre /
Centre de Documentation (GSL)
RECEIVED - REÇU LE
MAY 21 1990
Transport Canada / Transports Canada

Avril 1990

438239

DON 136076

SOMMAIRE

On s'attend que la question des émissions polluantes et des approvisionnements en diesel préoccuperont au premier chef les milieux canadiens du camionnage tout au long de la prochaine décennie, parallèlement à d'autres tels que l'insuffisance de conducteurs formés, la concurrence du camionnage américain et les arbitrages à faire entre, d'une part, la longueur, la masse et la productivité des véhicules articulés et, d'autre part, les impératifs de la sécurité routière.

Les nouvelles normes concernant les émissions par les poids lourds, qui doivent entrer en vigueur aux États-Unis en 1994, seront probablement adoptés par le Canada, aussi. À forte incidence technologique, elles auront un impact certain sur le prix de revient du camionnage, tout autant que la législation envisagée pour réduire les émissions de gaz carbonique et autres polluants dont se ressentent les climats du monde (polluants à l'origine de l'effet de serre).

Ce n'est pas la technologie, mais la demande qui inhibe la croissance du parc des véhicules, camions et autobus, brûlant des carburants de substitution. Mais cette demande se trouvera peut-être un jour stimulée par le prix élevé et la complexité des diesels équipés de pièges à particules et devant brûler un carburant diesel « propre » qui n'est pas encore sur le marché. Et aussi par des réglementations comme l'amendement au Clean Air Act des États-Unis et le projet de Loi 1601 envisagé par la Californie du Sud, autorisant la mise en service de véhicules de transport routier brûlant des carburants de substitution.

La gazéification du charbon ne constitue pas un procédé économique de synthétisation de l'essence ou du carburant diesel et l'avenir écartera probablement ce procédé en raison des grandes quantités de gaz carbonique qu'il dégage. Les filières les plus prometteuses sont le gaz naturel comprimé (GNC) ainsi que le propane et le méthanol tirés de ce gaz, d'autant plus que le Canada dispose de vastes réserves de gaz naturel et que la production canadienne actuelle dépasse la demande interne. Les premières exploitations commerciales de ces carburants au Canada montrent qu'un vaste réseau de distribution pourra être monté pour approvisionner les véhicules de tourisme aussi bien que les poids lourds et les autobus.

Il devient donc tout à fait possible de répondre à une demande éventuelle pour des véhicules de transport lourd brûlant des carburants de substitution, dans la gamme des 180-240 hp, par la fourniture de véhicules de fabrication neuve et d'autres dont le moteur aura été adapté. Les moteurs correspondants pourront être soit au GNC, au propane ou au méthanol et à allumage commandé, soit au méthanol et à allumage par compression assisté par bougie de réchauffage.

Il est difficile de dire lequel des carburants de substitution en présence finira par s'imposer sur le plan économique et de protection de l'environnement. Il est fort possible que le diesel amélioré puisse servir le temps que la traction électrique se développe au point de permettre la mise en service de tracteurs à pile à combustible

ou à batteries d'accumulateurs de traction pour assurer la navette des semi-remorques entre les terminus situés à l'extérieur des villes et les points de livraison en ville, alors que d'autres tracteurs à diesel amélioré serviraient au transport intervilles exclusivement.

On pourrait aussi utiliser pour le transport à l'intérieur des villes des tracteurs à carburant de substitution et, parallèlement, des fourgonnettes et des autobus équipés du même type de moteur et utilisant le même réseau de distribution pour le transport léger et pour le transport collectif dans les villes et les banlieues sensibles à la pollution atmosphérique.

Dans le domaine des poids lourds et des carburants, l'innovation peut jouer un rôle déterminant.

1. INTRODUCTION

Au cours des 15 dernières années, la productivité des poids lourds a fait un bond impressionnant, sous la double impulsion de l'essor fulgurant dans le domaine du transport de marchandises, où la concurrence est féroce, et de la spirale ascendante du prix des carburants. De 1975 à 1990, le prix du carburant diesel a triplé; il compte désormais pour 15 p. 100 du coût total du transport routier lourd, qui s'établit à près de deux dollars au kilomètre, et il n'est dépassé que par le coût de la main-d'oeuvre.

Il n'existe pratiquement plus de poids lourds à moteur à essence, celui-ci ayant été remplacé par le moteur diesel, plus efficace, plus durable et consommant moins. Voir le tableau 1.

Tableau 1
RENDEMENT MOYEN DES MOTEURS CLASSIQUES*

MOTEUR	TRAFIC URBAIN	TRAFIC NON URBAIN
À essence**	18–20	30
Diesel léger	25–28	35–38
Diesel lourd	—	40–42

* *Quantité d'énergie du carburant convertie en énergie mécanique, en pourcentage.*

** *Cycle Beau de Rochas.*

Ce changement en faveur du diesel s'est opéré aussi pour des raisons reliées à l'environnement. Comme le montre le tableau 2, les émissions d'hydrocarbures et de monoxyde de carbone des poids lourds à essence sont très élevés, tant en termes absolus que par rapport au moteur diesel. Plutôt que de se lancer dans le développement coûteux des dispositifs de dépollution catalytique nécessités par les poids lourds à essence, dont le nombre a toujours été restreint, les fabricants ont préféré se tourner carrément vers le moteur diesel.

La quantité de carburant diesel consommé pour le transport routier au Canada a triplé au cours des 15 dernières années, atteignant un total de quelque 7 milliards de litres par an. Du coup, les émissions de polluants attribuables aux poids lourds diesel sont venues à occuper une part importante du bilan total pour le transport routier, bien que les distances parcourues par ces véhicules dans les zones extra-urbaines représentent 80 p. 100 du total.

Tableau 2

QUANTITÉS MOYENNES D'ÉMISSIONS PAR LES POIDS LOURDS

(grammes/km)

	PERTES PAR ÉVAPORATION*	HC**	OXYDES DE CARBONE	OXYDES D'AZOTE
Moteur diesel	0	2,88	7,76	12,84
Moteur à essence	4,95	3,44	86,7	3,5

* *Hydrocarbures.*

** *La quantité d'hydrocarbures autres que le méthane dans les gaz d'échappement diesel est de 2,8 g/km.*

La quantité d'hydrocarbures autres que le méthane dans les gaz d'échappement d'un moteur à essence est de 3,2 g/km.

Les nouvelles normes concernant les émissions par les poids lourds, qui doivent entrer en vigueur aux États-Unis en 1994 (voir le tableau 3), seront probablement adoptés par le Canada, aussi. À forte incidence technologique, elles auront un impact certain sur le prix de revient du camionnage, tout autant que la législation envisagée pour réduire les émissions de gaz carbonique et autres polluants dont se ressentent les climats du monde (polluants à l'origine de l'effet de serre).

Tableau 3

ÉMISSIONS POLLUANTES DES POIDS LOURDS AUX ÉTATS-UNIS

	NORME EPA 1994	ÉMISSIONS ACTUELLES*
Hydrocarbures	1,3	3,0–4,2
Monoxyde de carbone	15,5	Non disponible
Oxydes d'azote	5,0	19,5 22,6
Particules	0,1	2,6 5,2

* *Résultats de deux enquêtes menées en Californie en 1987.*

Source: EPA des États-Unis et Rapport DCN 87-245-019-04 de California Resources Board, 1988.

Néanmoins, le carburant diesel continuera de connaître une forte demande, ce qui ne laisse pas d'inquiéter au sujet des disponibilités futures et de l'évolution des prix. On s'attend que la question des émissions polluantes et des approvisionnements en diesel préoccuperont au premier chef les milieux canadiens du camionnage tout au long de la prochaine décennie, parallèlement à d'autres tels que l'insuffisance de conducteurs formés, la concurrence du camionnage américain et les arbitrages à faire entre, d'une part, la longueur, la masse et la productivité des véhicules articulés et, d'autre part, les impératifs de la sécurité routière.

La présente communication traite uniquement des questions reliées à l'environnement et à la disponibilité des carburants diesel.

2. ORIGINE DANS DES ÉMISSIONS POLLUANTES DES POIDS LOURDS

La faible volatilité du carburant diesel fait que les pertes par évaporation de ce carburant, notamment durant le plein, sont faibles par rapport aux pertes par évaporation dues à la volatilité de l'essence qui représentent plus de la moitié des hydrocarbures rejetés par un véhicule à essence. Les émissions attribuables aux moteurs diesel se retrouvent surtout dans les gaz d'échappement. Dans un moteur diesel, le carburant est pulvérisé en fin de phase de compression et injecté sous forme d'un fin brouillard, alors que les conditions voulues de pression et de température de la charge d'air sont réunies. Après un certain délai, la combustion prend naissance dans un excès d'air, produisant une quantité de gaz carbonique et d'eau, dont la détente actionne le moteur, et qui s'échappe ensuite par la ligne d'échappement. Le cycle diesel où l'injection du carburant ne se produit que lorsque l'air est comprimé, autorise des taux de compression élevés qui sont à l'origine essentiellement du rendement élevé de ce type de moteurs.

Dans la réalité, la quantité d'émissions polluantes est influencée par les caractéristiques du moteur et la qualité du carburant et dépend de l'efficacité de la combustion. La température de combustion élevée caractérisant le moteur diesel produit des oxydes d'azote, NO_x, issus de la présence d'un corps azoté. Les quantités de ces oxydes peuvent être réduites en abaissant le paramètre température, soit par la recirculation d'une partie des gaz d'échappement, soit par abaissement de la température de la charge d'air comprimé.

Un mélange diesel pauvre n'entraîne pas la production de monoxyde de carbone ou d'imbrûlés d'hydrocarbures légers, contrairement à ce qui se passe dans le cas d'un mélange air/essence proche du rapport stoechiométrique. Ainsi, les gaz d'échappement d'un moteur diesel renferment beaucoup moins de monoxyde de carbone et d'imbrûlés d'hydrocarbures que ceux d'un moteur à allumage commandé.

La combustion tardive et lente du carburant diesel pulvérisé favorise la formation de suie qui résulte de la non-oxydation du carbone contenu dans le carburant. Quant au soufre qui s'y trouve également, il est oxydé pour former du SO_2 dont la plus grande

partie se retrouvera dans les gaz d'échappement. Mais entre 2 et 3 p. 100 du SO_2 produit sont transformés en acide sulfurique dont les particules de suie sont imprégnées.

En plus des imbrûlés d'hydrocarbures et d'huile de lubrification associés aux particules de suie, on retrouve des produits de combustion hautement aromatiques: hydrocarbures polynucléaires aromatiques et hydrocarbures polynucléaires nitrés, connus pour leurs propriétés cancérogènes. Ces composés toxiques sont absorbés par les particules dans les gaz d'échappement et, comme ils sont pour la plupart microscopiques, ils pénètrent aisément dans les voies respiratoires et irritent les poumons. À long terme, ils constituent donc pour les populations exposées une grave menace pour la santé.

3. DÉPOLLUTION ET ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

Il reste encore beaucoup à faire, d'une part, pour améliorer la consommation de diesel et, d'autre part, pour réduire la quantité de polluants rejetés dans l'atmosphère par les moteurs diesel, à savoir, les particules, les oxydes d'azote, les hydrocarbures, le monoxyde de carbone et le gaz carbonique qui est la cause directe de l'effet de serre.

Une logistique améliorée du transport de marchandises, notamment par la réduction des trajets de retour à vide, peut avoir des retombées intéressantes pour la protection de l'environnement et la bonne marche de l'exploitation. On pense que le kilométrage parcouru à vide pourrait être réduit de 10 à 12 p. 100, plus facilement d'ailleurs que dans le cas des autobus urbains qui présentent une proportion comparable de kilométrage parcouru à vide.

Une autre possibilité d'économie est la réduction des périodes de ralenti du moteur. En Allemagne et en Suisse, l'arrêt automatique du moteur des autobus au bout de 3 minutes de ralenti est chose courante, une mesure d'économie d'énergie parfaitement établie. Dans le cas des camions diesel en circulation urbaine, une réduction du ralenti de l'ordre de 2 heures 30 minutes par jour de travail permettrait d'économiser 1 500 litres de carburant par an et même plus, en moyenne. Les avantages économiques et environnementaux seront encore plus importants dans le cas des poids lourds dont le moteur est maintenu au ralenti pour des raisons de confort en hiver ou pour éviter les départs à froid. Il est possible d'obtenir ces deux résultats sans faire tourner le moteur au ralenti, pratique qui a pour effet d'accélérer l'usure des organes du moteur et, en fin de compte, de dégrader les rendements et de causer encore plus de rejets atmosphériques.

Les idées-forces derrière la mise au point de moteurs à consommation améliorée ont été le coût élevé du carburant diesel et les craintes qui ont subsisté jusqu'en 1986 quant à l'évolution des prix et à la sécurité des approvisionnements pétroliers. Ainsi, le rapport puissance-poids de ces moteurs a pu être relevé au niveau des 40 hp/L de cylindrée, tandis que l'on a valorisé les procédés de suralimentation et de refroidissement de l'air de suralimentation, pour atteindre un rendement de l'ordre de

42 à 45 p. 100. D'autres mesures ont également été prises pour réduire la consommation, telles que l'allégement du poids à vide, la réduction de la résistance à la marche (nouveaux types de pneus) et l'amélioration de l'aérodynamique.

Bien qu'on n'ait pas encore épuisé toutes les possibilités d'économie d'énergie, d'autres impératifs se sont imposés, comme la dépollution par la conception de nouveaux moteurs, de meilleures techniques d'exploitation et de divers dispositifs antipollution. Même s'il est vrai que l'on ne poursuit plus l'objectif de réduire la consommation avec la même ardeur que dans le passé, depuis que le prix du pétrole brut a baissé, la situation peut être renversée. On sait par exemple qu'une consommation de 25 litres aux 100 kilomètres est techniquement possible dans le cas des véhicules articulés.

Au Canada, il y a une nette possibilité de réduction du côté de la surconsommation hivernale, sachant que la consommation et les coûts de carburant d'un véhicule articulé type 7 ou 8 essieux augmentent de 20 p. 100 en hiver, les dépenses au chapitre des pneus de 30 p. 100 et le coût total de 7 à 8 p. 100 par rapport aux autres saisons.

4. RENDEMENTS AMÉLIORÉS ET DÉPOLLUTION

Les constructeurs de moteurs diesel parviendront sans difficulté à satisfaire la norme sur les émissions de particules par les poids lourds qui impose une limite de 0,25 g/bhp.h pour 1991. Mais il leur sera plus difficile de satisfaire la limite de 0,1 g/bhp.h prévue pour 1994 dans les conditions de marche sans maintenance et de durée imposées par la norme de l'EPA. En effet, cette administration prescrit que les dispositifs de dépollution devront pouvoir fonctionner pendant 4 500 heures ou 240 000 km sans entretien tout en ne dépassant pas les limites d'émissions imposées pour un cycle de 450 000 km.

Les moyens prévus pour satisfaire aux normes 1991-1993 passent par une plus grande précision de fabrication et une meilleure étanchéité visant à réduire la consommation d'huile de lubrification, par une plus faible retenue de carburant à l'orifice des gicleurs, un meilleur malaxage du mélange d'air et de carburant, la recirculation des gaz d'échappement et la commande électronique de l'injection, du calage de l'injection et des autres paramètres moteur, de manière à réduire les températures maximales ainsi que la durée du séjour du carburant pulvérisé dans la zone de combustion.

5. CARBURANT DIESEL AMÉLIORÉ

Il est possible de réduire les émissions de sulfates dans l'atmosphère en abaissant la teneur en soufre au moment de la distillation. Depuis quelques années, la Californie impose une spécification visant la production de carburants à faible teneur en soufre. Quant aux émissions de particules de carbone et de NO_x, il est possible de les réduire

par l'amélioration de l'aptitude à l'auto-inflammation du carburant diesel, qui passe par la réduction de la teneur en composés aromatiques de celui-ci. Comme pour le soufre, cette réduction peut se faire au moment de la distillation par un recours plus généralisé aux procédés d'hydrotraitement, qui sont cependant très coûteux. L'EPA envisage une nouvelle spécification pour le carburant diesel à l'horizon de 1993 (teneur maximale en soufre 0,05 p. 100, indice de cétane minimum 40). La Californie envisage une spécification encore plus restrictive limitant la teneur en composés aromatiques.

Les tests ont montré que les nouveaux moteurs diesel commandés électroniquement et brûlant un carburant à faible teneur en soufre et à indice de cétane élevé pourront satisfaire la norme EPA de 0,25 g/bhp.h pour 1991, mais pas encore la limite de 0,1 g/bhp.h pour 1994.

6. TRAITEMENT DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT

Navistar International a annoncé que son prototype de moteur diesel 210 hp, brûlant un carburant à faible teneur en soufre et à bonne aptitude à l'auto-inflammation, et équipé d'une ligne d'échappement à catalyseur d'oxydation pourra satisfaire la norme de 1994, indiquant ainsi qu'un moteur diesel « sans fumée » pour véhicules de transport urbain moyens et moyens-lourds est réalisable.

D'autres dispositifs de dépollution seront bientôt mis au point, le plus prometteur étant le filtre à supports monolithiques à base de céramiques, capable d'arrêter les particules et de se régénérer par réduction des résidus de carbone accumulés. À titre facultatif, ce dispositif peut avoir une dérivation pour le passage des gaz durant le procédé de régénération ou être du type à double lit. Les motoristes envisagent de proposer ce dispositif comme partie du groupe motopropulseur protégé par la garantie. Un fabricant ouest-allemand, KHD/MAN, propose une installation en clientèle de ce dispositif. Ce filtre perdra de sa durée utile si un carburant à teneur en soufre conforme aux spécifications en vigueur est utilisé, étant donné que le procédé de régénération ne réduit pas les particules de soufre. Par contre, cette technologie n'exige pas un carburant de nouvelle spécification, contrairement aux catalyseurs d'oxydation courants qui servent à éliminer les imbrûlés, les partiellement brûlés et l'huile de lubrification dans les gaz d'échappement des moteurs « sans fumée ».

Sur le plan de la rentabilité, le coût global d'un poids lourd risque d'augmenter considérablement. En effet, le prix plus élevé des carburants de nouvelle spécification, les immobilisations nécessitées par l'achat de catalyseurs et de filtres, le coût accru de l'entretien, la consommation plus forte due à la contre-pression des gaz d'échappement et au carburant brûlé par le procédé de régénération, tout cela aura pour effet, selon les hypothèses retenues, d'augmenter le coût global de 2 à 10 p. 100. En réalité, le surcoût sera probablement de l'ordre de 4,5 à 7 p. 100, une fois la technologie bien implantée et commercialisée, ce qui revient pour un véhicule articulé type 7 ou 8 essieux à une augmentation de 9 à 14 cents au kilomètre.

7. OFFRE, DEMANDE ET QUALITÉ DU DIESEL

Au Canada, la demande de carburant diesel pour le transport routier a crû de 57 p. 100 au cours de la dernière décennie, et celle de l'essence a chuté de 8 p. 100. La consommation de carburant diesel pour le transport routier représente maintenant 48 p. 100 des 16,5 milliards de litres vendus par an et on s'attend, selon les prévisions du Conseil national de l'énergie, à une croissance de 30 à 40 p. 100 pour la période allant de 1989 à 2005, comparativement à une croissance prévue de 12 à 14 p. 100 pour ce qui concerne l'essence. Quant aux autres utilisations du diesel, leur essor sera plus rapide que celui de l'essence au point que d'ici l'an 2005, la quantité totale d'énergie fournie par le diesel atteindra les 65 p. 100 de celle fournie par l'essence.

Les carburéacteurs connaîtront, eux aussi, une croissance rapide. Il s'agit d'un produit aux caractéristiques proches du carburant diesel et extrait des mêmes bases de raffinerie. La capacité de raffinage de carburants diesel et de carburéacteurs devra donc être accrue.

La demande accrue de la dernière décennie pour du diesel a été satisfaite en mélangeant le diesel avec des effluents du gazole nº 2 et en en modifiant les caractéristiques. La quantité a donc prévalu sur la qualité du diesel produit pour les besoins du transport. La dégradation de la qualité de ce carburant a été hâtée par l'utilisation de quantités de plus en plus grandes de pétrole brut et de pétrole synthétique extrait des sables bitumineux comme bases de raffinerie au Canada.

Mais outre que la demande s'accroît, on commence à exiger un carburant diesel de meilleure qualité pour des motifs liés à l'environnement. Par exemple, au Canada, la norme concernant la teneur massique en soufre de ce type de carburant diesel est en voie de révision en vue de la ramener de 0,5 p. 100 à 0,3 p. 100. La nouvelle spécification pour un carburant diesel à teneur de 0,05 p. 100 en soufre (norme EPA 1993) coûtera cher. La spécification ramenant à 10 p. 100 la teneur en composés aromatiques (Californie) coûtera encore plus cher, surtout à partir des fractions hydrocarbonées lourdes résultant du craquage et à partir du pétrole synthétique, qui constitueront, au cours de la prochaine décennie, l'essentiel des bases de raffinerie au Canada.

Les investissements nécessaires pour produire par extraction le nouveau carburant diesel, à faible teneur en soufre et à indice de cétane élevé (faible teneur en aromatiques), augmenteront le prix de ce produit de quelque 7 cents le litre. Et il faudra s'attendre à d'autres hausses à mesure que la dépendance mondiale vis-à-vis du pétrole des pays membres de l'OPEP se rapprochera inévitablement du point où elle se trouvait au début des années 1970 lorsque se déclenchèrent les spirales ascendantes successives des prix jusqu'en 1986.

8. CARBURANTS DE SUBSTITUTION

Les incertitudes entourant les approvisionnements futurs de pétrole et de carburant diesel, leurs qualités et leurs prix sont telles qu'il devient impératif de pouvoir disposer de carburants synthétisés à partir du gaz naturel ou du charbon, deux ressources qui existent en grandes quantités chez nous.

La gazéification du charbon ne constitue pas un procédé économique de synthétisation de l'essence ou du carburant diesel et l'avenir écartera probablement ce procédé en raison des grandes quantités de gaz carbonique qu'il dégage. Les filières les plus prometteuses sont le gaz naturel comprimé (GNC) ainsi que le propane et le méthanol tirés de ce gaz, d'autant plus que le Canada dispose de vastes réserves de gaz naturel et que la production canadienne actuelle dépasse la demande interne, laissant un excédent utilisable à cette fin, voir le tableau 4. Les premières exploitations commerciales de ces carburants au Canada montrent qu'un vaste réseau de distribution pourra être monté pour approvisionner les véhicules de tourisme aussi bien que les poids lourds et les autobus, voir le tableau 5.

Tableau 4

DISPONIBILITÉ DES CARBURANTS DE SUBSTITUTION EN TRANSPORT, 1988*

	EXPORTATIONS CANADIENNES (millions de m^3)	EXPORTATIONS EN % DE LA DEMANDE CANADIENNE
Gaz naturel	35 900 (gaz)	39,2
Propane	3,7 (liquide)	40,7
Méthanol	2,3 (liquide)	88,0

* *Exportations remises à plus tard. La hausse dans le production permettra d'accroître les disponibilités et de reprendre les exportations.*

Tableau 5

DEMANDE DE CARBURANTS AU CANADA EN 1988

	POURCENTAGE DES VENTES TOTALES*	TAILLE DES PARCS CONVERTIS AUX CARBURANTS DE SUBSTITUTION
Essence	80,2	—
Diesel	17,8	—
Propane	1,8	150 000
GNC	0,2	13 000
Méthanol	infime	30–50**

* *Sur la base de l'énergie.*

** *Exploitation expérimentale.*

9. CARBURANTS DE SUBSTITUTION POUR LE TRANSPORT ROUTIER LOURD

Tant le gaz naturel comprimé que le propane et le méthanol ont un indice d'octane élevé qui les rend particulièrement bien adaptés aux moteurs diesel convertis à l'allumage commandé. Diverses expérimentations ont été lancées dans des secteurs sélectionnés, mettant en oeuvre des centaines d'autobus brûlant du GNC, du propane ou du méthanol. À Vienne, par exemple, la presque totalité des 450 autobus de transport en commun sont mus par des moteurs au propane, à allumage commandé, qui sont d'anciens moteurs diesel convertis. À Ottawa, un programme de démonstration de trois ans, mettant en oeuvre 10 autobus au propane, s'est terminé en 1988.

À Hamilton en Ontario, le parc d'autobus rééquipés de moteurs diesel convertis à l'allumage commandé et brûlant du GNC stocké dans des réservoirs appropriés, a donné de très bons résultats, au point que les constructeurs d'autobus de l'Ontario ont décidé de se lancer dans la fabrication d'une nouvelle famille d'autobus au GNC, remplissant ainsi des commandes reçues de Toronto Transit, Hamilton Street Railway, Mississauga Transit et d'un certain nombre d'entreprises de transport en commun aux États-Unis. La Mercedes do Brasil aussi fabrique maintenant en série des autobus au GNC.

Les 40 autobus à moteur au méthanol et à allumage commandé, équipés de catalyseurs trois voies, construits aux Etats-Unis par MAN et mis en service à Seattle satisfont d'ores et déjà aux normes d'émissions de l'EPA 1994 (entrée en vigueur en 1991 dans le cas des autobus).

Il devient donc tout à fait possible de répondre à une demande éventuelle pour des véhicules de transport lourd brûlant des carburants de substitution, dans la gamme des 180-240 hp, par la fourniture de véhicules de fabrication neuve et d'autres dont le moteur aura été adapté. Les moteurs correspondants pourront être soit au GNC, au propane ou au méthanol et à allumage commandé, soit au méthanol et à allumage par compression assisté par bougie de réchauffage, semblables à ceux fournis par la Detroit Diesel Corporation aux constructeurs d'autobus aux États-Unis et aux fins de démonstration au Canada, soit des prototypes fournis aux fins de démonstration sur des autobus et des camions par d'autres motoristes des États-Unis : Cummins, Caterpillar et Navistar.

Ce n'est pas la technologie, mais la demande qui inhibe la croissance du parc des véhicules, camions et autobus, brûlant des carburants de substitution. Mais cette demande se trouvera peut-être un jour stimulée par le prix élevé et la complexité des diesels équipés de pièges à particules et devant brûler un carburant diesel « propre » qui n'est pas encore sur le marché. Et aussi par des réglementations comme l'amendement au Clean Air Act des États-Unis et le projet de Loi 1601 envisagé par la Californie du Sud, autorisant la mise en service de véhicules de transport routier brûlant des carburants de substitution.

D'ici là, la distribution de ces carburants sur une grande échelle posera un problème, dont la solution passerait par l'adoption de véhicules pouvant brûler indifféremment soit un carburant classique, soit un carburant de substitution. Cette caractéristique bicarburant présente l'avantage supplémentaire d'apporter une solution à la faiblesse du rapport énergie/volume des carburants de substitution, par rapport au carburant diesel. En effet, afin de ne pas pénaliser l'autonomie d'un véhicule brûlant un carburant de substitution, le gaz naturel comprimé en particulier, il faut des réservoirs plus grands et en plus grand nombre. Grâce à la double alimentation, il devient possible de fonctionner sur de courtes distances avec un carburant de substitution et d'entreprendre de longs trajets en utilisant le diesel.

Le tableau 6 compare trois carburants de substitution présents au Canada et aux États-Unis avec le carburant diesel amélioré formule 1994. L'avantage du diesel amélioré est qu'il reste dans la tradition diesel, même si ce choix se traduit par des coûts accrus : achat, entretien et carburant.

Le principal inconvénient du diesel amélioré est d'être peu adaptable à toute évolution dans les normes d'émissions. Ainsi une norme exigeant une forte réduction dans la teneur en NO_x nécessitera une ligne d'échappement d'une technologie tout à fait nouvelle.

Le carburant de substitution le moins cher est le propane qui nous est d'ailleurs le plus familier des trois. À l'heure actuelle, il est désavantagé par le fait qu'on associe danger d'incendie à son utilisation dans les véhicules moteurs. Or, cette idée fausse ne se dissipera que par l'adoption des normes européennes en vigueur concernant le stockage du propane et les procédures de plein.

Tableau 6

COMPARAISON DE LA SITUATION ET DES PERFORMANCES ACTUELLES DES POIDS LOURDS DIESEL, DIESEL AMÉLIORÉ ET À CARBURANTS DE SUBSTITUTION

	MEILLEURE TECHNOLOGIE ÉPROUVÉE*			
	DIESEL AMÉLIORÉ 1994	PROPANE	GNC	MÉTHANOL
CARBURANT				
Disponibilité au Canada	9	10	8	8
Installations de ravitaillement/souplesse des itinéraires	10	10	6	8
Prix à la pompe (hors taxes)	8	10	7	5
Risque d'incendie et toxicité	10	5	10	6
CAMIONS ET MOTEURS				
Disponibilité sur le marché 1992-1994	9	9	8	8
Installation en clientèle	10	9	7	4
Prix d'achat	8	8	6	8
Coût de l'entretien	9	10	9	9
Fréquence des pleins/impact sur le chargement	10	8	4	7
ÉMISSIONS				
Particules	20	20	20	20
NOx	14	14	14	15
Total des imbrûlés (HC)	14	12	8	8
CO	14	11	10	12
Aldéhydes	10	15	15	6
Effet de serre	10	13	12	11
Bruit	11	15	15	15
Odeurs d'échappement	11	14	15	9
COÛT				
Coût global	8	8	6	4

* *Par rapport aux diesels actuels cotés à 10. Toute valeur au-dessus de 10 signifie un progrès.*

Le gaz naturel comprimé présente l'avantage d'être peu polluant et son coût tend à diminuer. Il souffre cependant de deux inconvénients : le coût élevé des réservoirs de grande capacité dont les véhicules doivent être équipés et celui du matériel de compression nécessaire aux points d'approvisionnement. Ce deuxième point a d'ailleurs inhibé l'extension de ce marché ailleurs que dans les secteurs où des aides financières ont permis de baisser le coût de la conversion des moteurs et des points de ravitaillement. L'obstacle que représente ce surcoût pourra être partiellement et provisoirement contourné par des stratégies financières visant à intégrer ce coût dans la structure tarifaire établie à l'égard du gaz naturel consommé pour le chauffage.

L'avantage particulier du méthanol est que, étant liquide, il peut être stocké, distribué et manipulé tout à fait comme l'essence. Ses grands inconvénients sont un prix relativement plus élevé que le diesel et les autres carburants de substitution, sa toxicité et la grande quantité de formaldéhydes irritants que renferment ses résidus de combustion.

Il est difficile de dire lequel des carburants de substitution en présence finira par s'imposer sur le plan économique et de protection de l'environnement. Il est fort possible que le diesel amélioré puisse servir le temps que la traction électrique se développe au point de permettre la mise en service de tracteurs à pile à combustible ou à batteries d'accumulateurs de traction pour assurer la navette des semi-remorques entre les terminus situés à l'extérieur des villes et les points de livraison en ville, alors que d'autres tracteurs à diesel amélioré serviraient au transport intervilles exclusivement.

On pourrait aussi utiliser pour le transport à l'intérieur des villes des tracteurs à carburant de substitution et, parallèlement, des fourgonnettes et des autobus équipés du même type de moteur et utilisant le même réseau de distribution pour le transport léger et pour le transport collectif dans les villes et les banlieues sensibles à la pollution atmosphérique.

Dans le domaine des poids lourds et des carburants, l'innovation peut jouer un rôle déterminant.

RÉFÉRENCES

Cartellieri, Wolfgang P., Ospelt, Walter M., Lanfahrer, Klaus, "Erfullung der Abgasgrenzmerte von Nutzfahrzeng-Dieselmotoren der 90er Jahre," *Motortechnische Zeitschrift*, 50 (1989), 9, p. 440-452.

Cross, Rich, "The High Cost of Low Emissions," *Commercial Carrier Journal*, mars 1988, p. 63-67.

"Diesel Emission Control for the 1990s," *Automotive Engineering*, sept. 1988, p. 63-69.

"Diesel Engines: Future Trends," *Automotive Engineering*, sept. 1988, p. 39-46.

"Electronic Control for Diesel Engines," *Automotive Engineering*, sept. 1988, p. 49-53.

Hundleby, G.E., "Low Emissions Approaches for Heavy-Duty Gas-Powered Urban Vehicles," communication SAE 892134, *Gaseous Fuels: Technology, Performance & Emissions*, SP-798, SAE, Warrendale, PA., 1989.

Hydra International, *Review of the Current Activities in Heavy Truck Research & Development*, préparé pour EMR, Transportation Energy Div., Rept. TE-86-1, juillet 1985.

Kieser, Richard D., "Future Trends in Diesel Engines," communication technique SAE 880825.

Ontario Ministry of Transportation, Transportation Technology & Energy Branch, "FuelSaver" (communications).

Organisation de coopération et de développement économiques, *Environmental Effects of Automotive Transport*, OCDE, Paris, 1986.

"Performance Factors for Heavy Trucks", *Automotive Engineering*, nov. 1989, p. 21-24.

Raine, R.R., McFeaters, J.S., Elder, S.T., Stephenson, J., "New Zealand Experience with Natural Gas Fuelling of Heavy Transport Engines," communication SAE 892136, *Gaseous Fuels: Technology, Performance & Emissions*, SP-798, SAE, Warrendale, PA., 1989.

Richards, R.R., Sibley, J.E., "Diesel Engine Emissions Control for the 1990s," communication technique SAE 880346.

Romba, Phil, "Set for '94," *Diesel Equipment Superintendent*, sept. 1989, p. 51.

Rood, George, Kennedy, Tom, et al., "Tomorrow's Trucks: The User's Perspective — An Update," communication technique SAE 872243.

"Smokeless Joe," *LP-Gas*, sept. 1989.

Transport Canada, *Energy Research & Development Program, Status Report 1988/89*, sept. 1989.

"Trends & Statistics," *Commercial Carrier Journal*, juillet 1988.

"Wear Control in Diesels: Influence of Lubricants," *Automotive Engineering*, sept. 1988, p. 56-61.

Weaver, Christopher S., "Review of Heavy-Duty Diesel Emissions Control," Radian Corp., Sacramento, 86-78.6.

Webb, R.F., *An Assessment of Propane as an Alternative Transportation Fuel in the United States*, préparé pour National Propane Gas Association, 1989.

Webb, R.F., "The Practical Aspects of Methanol as a Vehicle Fuel," 1989 World Methanol Conference, Houston (Texas) 1989.

Webb, R.F., "A Comparative Assessment of the Economics of Conventional and Alternative Transportation Fuels," AIChE Symposium, Philadelphia, août 1989.

Webb, R.F., "A Comparative Assessment of the Safety of Conventional and Alternative Transportation Fuels," AIChE Symposium, Philadelphia, août 1989.